

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.08

Система управления электроприводом

Учебный план: ФГОС3++b130302-23_21-14.plx

Кафедра: **30** Автоматизированного электропривода и электротехники

Направление подготовки:
 (специальность) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электропривод и автоматика
 (специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия					
7	УП	17	17	17	56,75	0,25	3	Зачет
	РПД	17	17	17	56,75	0,25	3	
8	УП	36	36		36	36	4	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	36	36		36	36	4	
Итого	УП	53	53	17	92,75	36,25	7	
	РПД	53	53	17	92,75	36,25	7	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 144

Составитель (и):

старший преподаватель

Королев В.И.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой автоматизированного
электропривода и электротехники

Благодарный Н.С.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Благодарный Н.С.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области проектирования систем управления электроприводами различных типов и назначений.

1.2 Задачи дисциплины:

- Изучить физические процессы, присущие электроприводу как объекту управления.
- Рассмотреть принципы построения систем управления электроприводами и реализацию их современными аппаратными и программными средствами.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

- Моделирование типовых электроприводов
- Электроэнергетика
- Элементы систем автоматики
- Силовая электроника
- Монтаж, наладка и эксплуатация электроприводов
- Электропривод оборудования предприятий ЦБП

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1: Способен участвовать в разработке мероприятий по совершенствованию и модернизации электротехнического оборудования, улучшения его эксплуатационных характеристик
Знать: Критерии качества конкретных проектных решений, наиболее перспективные пути решения задач в области проектирования электроэнергетического оборудования; принципы построения систем управления электроприводами.
Уметь: Анализировать и проводить сравнительный анализ общепринятых и предлагаемых проектных решений.
Владеть: Навыками ведения дискуссий, аргументированного обоснования принятого решения
ПК-2: Готовность к выполнению работ по монтажу, наладке и испытанию электротехнического оборудования
Знать: Физические процессы в электроприводе как объекте управления.
Уметь: Выбирать и рассчитывать системы автоматического управления электроприводом
Владеть: Методами анализа и синтеза систем управления электроприводами.
ПК-4: Готовность к выполнению работ по эксплуатации электротехнического оборудования
Знать: Методы анализа и расчета режимов работы электропривода.
Уметь: Ставить и решать проблемноориентированные задачи оптимизации систем управления электроприводами и электромеханических преобразователей энергии
Владеть: Современными компьютерными технологиями для управления электроприводом.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Общие сведения. Релейно-контакторная система.	7						К
Тема 1. Сведения о системах управления электроприводами (СУЭП). Термины и определения. Показатели качества системы управления электроприводом. Основной принцип построения СУЭП. Работа СУЭП в «большом» и в «малом». Возможности линеаризации. Структурная схема и передаточные функции одноконтурной линеаризованной СУЭП. Ограничение промежуточных координат в СУЭП. Комбинированные СУЭП.		4	4		10		
Тема 2. Релейно-контакторные системы управления электроприводами. Типовые схемы релейно-контакторного управления электроприводами постоянного и переменного тока. Принцип построения релейно-контакторных систем управления. Способы блокировки срабатывания релейных элементов. Построение релейных защит электропривода. Принципы формирования закона управления на основе релейной логики. Характерные ошибки при построении релейно-контакторных систем управления.		4	4		10		
Раздел 2. Электроприводы постоянного и переменного тока.	7						К
Тема 3. Одноконтурная и двухконтурная СУЭП постоянного тока. Принцип построения и работа электропривода. Принцип построения замкнутого по скорости электропривода с подчиненным токовым контуром. Настройка динамических характеристик электроприводов. Лабораторная работа: Пуск электрического двигателя постоянного тока в функции тока		5	4	4	8,75		

<p>Тема 4. Система двухзонного регулирования скорости электропривода постоянного тока. Принцип построения и работа электропривода. Настройка динамических характеристик электропривода.</p> <p>Лабораторная работа Двухзонное регулирование скорости электропривода по системе генератор-двигатель</p>		2	3	6	12		
<p>Тема 5. Система U/f – регулирования скорости электропривода с асинхронным двигателем (скалярное регулирование). Разомкнутый электропривод с U/f – регулированием. Замкнутый по скорости электропривод с U/f – регулированием.</p> <p>Лабораторная работа Исследование электропривода со скалярным регулированием скорости (система U/f)</p>		2	2	7	16		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	17	56,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25					
Раздел 3. Системы управления асинхронным и синхронным двигателями.							
<p>Тема 6. Структурные схемы электропривода при векторном описании асинхронного двигателя. Основы векторного описания электропривода с асинхронным двигателем. Принцип использования пространственных векторов. Системы координат. Векторное описание электромагнитной системы двигателя. Структурная схема разомкнутого электропривода с двигателем, описанным в неподвижной системе координат. Структурная схема электропривода во вращающейся системе координат при произвольном повороте вращающейся системы координат относительно системы пространственных векторов двигателя. Система управления замкнутого по скорости электропривода с асинхронным двигателем при ориентации вектора потокосцепления ротора по оси вещественных координат.</p>	8	4	4		4		К

<p>Тема 7. СУЭП с синхронным и вентильным двигателями. Особенности синхронного двигателя, как элемента электропривода. Структурная схема системы управления синхронного двигателя с явнополюсным ротором без демпферной обмотки. Математическое описание электропривода с вентильным двигателем на основе трехфазной синхронной машины.</p>		6	6		6		
<p>Раздел 4. СУЭП.</p>							
<p>Тема 8. Управление положением электропривода. Непрерывные системы управления положением электропривода. Режимы позиционирования объекта. Точность удержания объекта в заданном положении. Отработка электроприводом внешних возмущающих воздействий. Особенности построения систем позиционирования при стохастическом характере возмущающего воздействия.</p>		4	6		6		
<p>Тема 9. Управление следящими электроприводами. Непрерывные системы управления электроприводом, следящим за положением объекта. Режимы слежения за положением объекта. Следящий электропривод. Точностные показатели в следящем электроприводе. Особенности оптимизации следящих электроприводов с детерминированными и стохастическими воздействиями.</p>		8	8		8		К
<p>Тема 10. Управление моментом электропривода. Синтез систем управления электроприводами, выравнивающих моменты на валах двигателей.</p>		8	6		8		
<p>Тема 11. Цифровые системы управления электроприводами. Особенности учета дискретности цифровых систем управления по уровню и по времени. Обобщенная структурная схема цифровой системы управления и дискретная передаточная функция системы электропривода. Синтез цифровых регуляторов. Особенности синтеза цифровых регуляторов при заданной структуре системы подчиненного регулирования. Аппаратная и программная реализация цифровых систем управления электроприводами.</p>		6	6		4		

Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		36	36		36		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		2,5			33,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		125,75			126,25		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Получение практических навыков при проектировании современных систем управления различных электроприводов.

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): 1. Разработка системы управления электроприводами бумагоделательной машины.
2. Разработка системы управления электроприводами картоноделательной машины
3. Разработка системы управления электроприводами продольно-резательного станка

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

1. Электропривод. Методические указания по курсовому проектированию/ Сост. В.И. Королев; ГОУВПО СПбГТУРП. СПб 2005 – 44 с.

2. Расчет мощностей электропривода БКСМ методом тяговых усилий. Учебно-методическое пособие/ Сост. В.И. Королев ГОУВПО СПбГТУРП. СПб 2010 – 23 с.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-1	Обоснованно изучает критерии качества конкретных проектных решений, наиболее перспективные пути решения задач в области проектирования электроэнергетического оборудования. Грамотно анализирует и проводит сравнительный анализ общепринятых и предлагаемых проектных решений. Обладает навыками ведения дискуссий, аргументированного обоснования принятого решения.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа
ПК-2	Понимает сущность того, что отображают основные параметры электроэнергетического оборудования. Может самостоятельно использовать прикладные программы расчетов параметров электроэнергетического оборудования, планировать и проводить испытания оборудования с целью определения их параметров. Свободно пользуется специализированными программами для расчетов параметров электротехнического оборудования, организации и проведения экспериментов для определения этих параметров.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа
ПК-4	Имеет хорошее представление о методах анализа и синтеза электромеханических и силовых электронных устройств. Способен ставить и решать проблемноориентированные задачи оптимизации систем управления электроприводами и электромеханических преобразователей энергии. Свободно использует современные компьютерные технологии.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся дает полный исчерпывающий ответ, демонстрирует хорошие знания основных понятий и принципов построения систем управления электроприводами постоянного и переменного тока, достоинства и недостатки тех или иных систем, глубокое понимание предмета	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемой электрической цепи. Даны исчерпывающие

		выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний основных понятий и принципов построения систем управления электроприводами, но допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя. Присутствуют небольшие пробелы в знании некоторых тем.	Работа выполнена в необходимом объеме при отсутствии ошибок, что свидетельствует о самостоятельности при работе с источниками информации. Полученные результаты связаны с базовыми понятиями в области электротехники. Даны полные ответы на поставленные вопросы, но имеют место несущественные нарушения в оформлении работы или даны нечеткие выводы, или нарушены сроки предоставления работы к защите.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся лекционный материал освоил слабо, при изложении основных принципов управления электроприводами допускает большое количество ошибок, требует постоянных подсказок экзаменатора	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не усвоил значительную часть дисциплины, не может ответить на вопросы без помощи экзаменатора, плохо ориентируется в вопросах связанных с управлением электроприводами.	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубые нарушения правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопросы без помощи преподавателя.
Зачтено	Обучающийся показывает достаточные знания дисциплины. Хорошо разбирается в видах и типах электроприводов, поясняет их принципы работы, характеристики, параметры, достоинства и недостатки; Может обосновывать выбор основных силовых элементов электропривода в соответствии с задачами, возлагаемыми на электропривод технологическим процессом и конструкцией оборудования; Имеет навыки выбора структуры и расчета параметров регуляторов	
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные понятия и характеристики электроприводов; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 7	
1	Структура и характеристики электропривода по схеме асинхронно- вентильного каскада.
2	Электроприводы с двигателями с фазным ротором.
3	Частотно-токовые САУ в асинхронном ЭП.
4	Скалярные системы управления. Законы частотного управления.
5	Структура, способы регулирования и механические характеристики асинхронного электропривода.
6	САР двухзонной САУ ЭП с регулированием по яркой цепи и цепи возбуждения.

7	Системы управления ЭП постоянного тока с нелинейными обратными связями.
8	Электроприводы постоянного тока. Способы регулирования частоты вращения и механические характеристики.
9	Синтез регулятора скорости ЭП.
10	Синтез регулятора тока ЭП.
11	Стандартные настройки и структуры системы автоматического регулирования ЭП.
12	Принципы и сущность структуры подчиненного регулирования ЭП.
13	Параллельная и последовательная коррекция в САУ.
14	Синтез модальных регуляторов.
15	Нормированные полиномы и критерии оптимизации динамических режимов ЭП.
16	Принципы и структура модального управления ЭП постоянного тока.
17	Настройка регуляторов САУ при наладке.
18	Датчики скорости.
19	Датчик тока и напряжения в электроприводах постоянного тока. Гальваническая развязка.
20	Формирование механической характеристики ЭП с подчиненным регулированием.
21	Принципы организации и подсистемы САУ (систем автоматического регулирования электроприводом).
22	Конечные автоматы. Общая структура ДСПУ.
23	Языки программирования и примеры реализации алгоритмов на ПЖ.
24	ДСПУ на базе ПЛК (программируемые логические контроллеры).
25	ДСПУ на базе ПЛМ (программируемые логические матрицы). Структура и алгоритм.
26	Релейно-контакторные системы. Принципиальные схемы и логические алгоритмы.
27	Аппаратные средства реализации систем программного управления (ДСПУ).
28	Логические алгоритмы управления. Синтез алгоритма с использованием метода циклограмм.
29	Дистанционные системы программного управления электроприводом. Задачи, структура.
Семестр 8	
30	Способы проверки устойчивости цифровых систем управления.
31	Учет запаздываний сигналов датчиков обратной связи.
32	Особенности синтеза цифровых регуляторов.
33	Z-преобразования.
34	Электропривод прессов бумагоделательной машины.
35	Электропривод наката продольно-резательного станка с возможностью перераспределения моментов двигателей несущих валов.
36	Электропривод осевых раскатов при косвенном способе поддержания натяжения
37	Синтез регуляторов для трехконтурной следящей системы с ЭП постоянного тока
38	Редукторные и безредукторные следящие ЭП.
39	Структура линеаризованной САУ. Статическая, динамическая ошибка. Добротность
40	Следящие и позиционные электроприводы.
41	Системы управления положением электропривода переменного тока.
42	Системы управления положением электропривода постоянного тока.
43	Трех или четырехконтурные системы управления положением электропривода при стандартных настройках регуляторов.
44	Структура, характеристики и алгоритмы управления электроприводом с вентильно-индукторным двигателем (SRM).
45	Структура, характеристики и алгоритмы управления ЭП с шаговым двигателем (ШД).
46	Структура, характеристики и алгоритмы управления электроприводом с вентильно-индукторным двигателем (SRM).
47	Структура, характеристики и алгоритмы управления ЭП с шаговым двигателем (ШД).
48	Механические характеристики ЭП с вентильными двигателями при различных алгоритмах управления.
49	Вентильные двигатели с возбуждением от постоянных магнитов в электроприводе.
50	Алгоритмы управления вентильным двигателем.
51	Основные электромагнитные и механические соотношения для вентильного двигателя.
52	Вентильные двигатели. Принципы действия и характеристики.
53	Векторное управление в ЭП с синхронными двигателями.
54	Структура, способы регулирования и механические характеристики ЭП с синхронным двигателем.
55	Идентификация координат электропривода.
56	Бездатчиковые САУ асинхронным ЭП.

57	Система ДТС, алгоритмы управления.
58	Системы прямого управления моментом
59	САУ с разрывными алгоритмами управления.
60	Способы регулирования напряжения в асинхронном ЭП.
61	Преобразователи частоты в системах асинхронного электропривода.
62	Типовые блоки реализации структуры векторного управления.
63	Синтез регуляторов в структуре векторного управления.
64	Датчики измерения потока.
65	Структура САУ векторного управления с измерителями потока.
66	Принципы векторного управления и преобразование координат.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Нарисуйте структурную схему контура тока и рассчитайте параметры регулятора ориентируясь на настройку «оптимум по модулю»

$T_{яц}=0,1$ с; $K_{яц}=10$ 1/Ом;

$T_{тп}=0,0033$ с; $K_{тп}=200$ В.

2. Нарисуйте структурную схему контура скорости и рассчитайте параметры регулятора, ориентируясь на «симметричный оптимум»

3. Нарисуйте структурную схему контура скорости и рассчитайте параметры регулятора, ориентируясь на «оптимум по модулю».

4. Нарисуйте схему реостатного пуска асинхронного двигателя с фазным ротором.

5. Нарисуйте схему реостатного пуска двигателя постоянного тока с независимым возбуждением .

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная Письменная Компьютерное тестирование Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочниками по выпускаемым устройствам силовой электроники;
- Время на подготовку ответа по билету 30 минут;
- Время на защиту курсовой работы 15 минут

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Никитенко, Г. В.	Электропривод производственных механизмов	Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, АГРУС	2012	http://www.iprbookshop.ru/47399.html
Бекишев, Р. Ф., Дементьев, Ю. Н.	Общий курс электропривода	Томск: Томский политехнический университет	2014	http://www.iprbookshop.ru/34688.html
Башлыков, А. М., Мещеряков, В. Н.	Регулируемый электропривод. Моделирование переходных процессов	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ	2014	http://www.iprbookshop.ru/55150.html

Греков, Э. Л., Фатеев, В. Б.	Исследование системы автоматического управления электроприводом постоянного тока	Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ	2011	http://www.iprbookshop.ru/30057.html
Панкратов, В. В.	Автоматическое управление электроприводами. Часть I. Регулирование координат электроприводов постоянного тока	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2013	http://www.iprbookshop.ru/45357.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
В.И. Королев, В.П. Николаев	Электропривод [Текст]: лабораторные работы	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2014	http://nizrp.narod.ru/metod/kafavtpriviel/4.pdf
В.И. Королев	Расчет мощностей электропривода БКСМ методом тяговых усилий [Текст]: учебно-методическое пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2010	http://nizrp.narod.ru/mu2736.pdf
В.И. Королев	Электропривод [Текст]: методические указания по курсовому проектированию	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2005	http://www.nizrp.narod.ru/my27-68.pdf

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
 ГОСТ База стандартов. Общероссийский классификатор стандартов. Электротехника. [Электронный ресурс]. URL: <https://engene.ru/oks/elektrotehnika>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8
 MicrosoftOfficeProfessional 2013

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
А-105	Лабораторных стенд по исследованию электроприводов постоянного и переменного тока
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска